

HOT TOOL STEEL**BEST AVAILABLE COPY**

Publication number: JP2003226939

Publication date: 2003-08-15

Inventor: YOSHIDA JUNJI; YAMASHITA HIROSHI

Applicant: NIPPON KOSHUHA STEEL CO LTD

Classification:

- international: C22C38/00; C22C38/48; C22C38/52; C22C38/60;
C22C38/00; C22C38/48; C22C38/52; C22C38/60;
(IPC1-7): C22C38/00; C22C38/60

- european:

Application number: JP20020028298 20020205

Priority number(s): JP20020028298 20020205

Report a data error here

Abstract of JP2003226939

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide hot tool steel which has improved heat check and erosion resistances, and has remarkably improved machinability by suitably prescribing the size of carbides and nonmetallic inclusions.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-226939
(P2003-226939A)

(43) 公開日 平成15年8月15日 (2003.8.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ジ- (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 2	C 2 2 C 38/00	3 0 2 E
38/60		38/60	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-28298 (P2002-28298)

(22) 出願日 平成14年2月5日 (2002.2.5)

(71) 出願人 000231165

日本高周波鋼業株式会社
東京都千代田区岩本町1丁目10番5号

(72) 発明者 吉田 潤二

富山県新湊市八幡町3丁目10番15号 日本
高周波鋼業株式会社富山製造所内

(72) 発明者 山下 広

富山県新湊市八幡町3丁目10番15号 日本
高周波鋼業株式会社富山製造所内

(74) 代理人 100090158

弁理士 藤巻 正憲

(54) 【発明の名称】 熱間工具鋼

(57) 【要約】

【課題】 炭化物及び非金属介在物の大きさを適切に規定することにより、耐ヒートチェック性及び耐溶損性が改善されると共に、著しく被削性が向上した熱間工具鋼を提供する。

【解決手段】 C: 0.10~0.70%、Si: 0.10~0.80%、Mn: 0.30~1.00%、P: 0.007~0.020%、Cr: 3.00~7.00%、W及びMoは単独又は複合で $(1/2W+Mo)$: 0.20~12.00%、V: 0.10~3.00%、Ni: 0.05~0.80%、Co: 6.50%以下、S: 0.150%以下を含有し、残部が実質的にFe及び不可避免的不純物からなる。また、非金属介在物の清浄度は0.020%以下、焼き鈍ししたときに、粒径が $1.0\mu m$ を超える炭化物及び非金属介在物の面積率が0.004%以下である。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.10乃至0.70質量%、Si:0.10乃至0.80質量%、Mn:0.30乃至1.00質量%、P:0.007乃至0.020質量%、Cr:3.00乃至7.00質量%、W及びMoは単独又は複合で $(1/2W+Mo)$:0.20乃至12.00質量%、V:0.10乃至3.00質量%、Ni:0.05乃至0.80質量%、S:0.150質量%以下を含有し、残部が実質的にFe及び不可避的不純物からなり、非金属介在物の清浄度(JISG055)がdA60×400で0.020%以下、dB60×400で0.020%以下、dC60×400で0.020%以下であり、d(A+B+C)で0.045%以下であると共に、焼き鈍したときに、粒径が1.0μmを超える炭化物及び非金属介在物の面積率が0.004%以下であることを特徴とする熱間工具鋼。

【請求項2】 更に、Co:6.50質量%以下を含有することを特徴とする請求項1に記載の熱間工具鋼。

【請求項3】 焼きなまししたときに、粒径が1.0μm以下の炭化物及び非金属介在物の面積率が10.5%以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載の熱間工具鋼。

【請求項4】 焼入れ焼戻したときに、粒径が1.0μmを超える炭化物及び非金属介在物の面積率が0.004%以下であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の熱間工具鋼。

【請求項5】 焼入れ焼戻したときに、粒径が1.0μm以下の炭化物及び非金属介在物の面積率が0.038%以上であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の熱間工具鋼。

【請求項6】 C:0.35乃至0.40質量%、Si:0.55乃至0.65質量%、Mn:0.35乃至0.45質量%、P:0.007乃至0.010%、Cr:4.60乃至5.00質量%、W及びMoは単独又は複合で $(1/2W+Mo)$:1.60乃至1.80質量%、V:0.40乃至0.60質量%、Ni:0.08乃至0.15質量%、S:0.005質量%以下を含有し、残部が実質的にFe及び不可避的不純物からなり、非金属介在物の清浄度(JISG055)がdA60×400で0.0%以下、dB60×400で0.0%、dC60×400で0.0%であり、d(A+B+C)で0.0%であると共に、焼き鈍したときに、粒径が1.0μmを超える炭化物及び非金属介在物の面積率が0.004%以下であることを特徴とする熱間工具鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明鋼は、熱間鍛造用金型、押し出し型及びダイカスト金型等に使用される熱間工具鋼に関し、特に、炭化物及び非金属介在物を制御し

て、被削性、ヒートチェック性及び溶損性を向上させた熱間工具鋼に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、非金属介在物の清浄度を上げることにより熱間工具鋼の靱性を改善する技術が開示されている(特許第2809622号、特開平11-61331号公報)。また、この介在物の個数を増加させて、介在物の形態を球状にすることにより、被削性を改善する技術が提案されている(電気製鋼64巻3号第191～201頁の図2と図4、特開平11-61331号公報、特開平10-60585号公報)。しかし、上述の従来技術においては、JISG0555又はASTME45-76等に準拠して介在物を評価しているため、介在物の種類と量を規定したものであり、介在物の大きさまでは定量評価できていない。

【0003】組成の調整により被削性を改善する技術も提案されている(特開平10-60585号公報、特開平9-217147号公報、特開平4-358040号公報、特開平11-269603号公報)。また、組織を改善することにより、被削性を向上させることも提案されている(熱処理39巻5号第225～226頁、特許第2809622号)。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの公知技術は、炭化物及び非金属介在物の大きさが考慮されておらず、このため、他の特性を犠牲にして被削性だけを改善しているものである。

【0005】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、炭化物及び非金属介在物の大きさを適切に規定することにより、耐ヒートチェック性及び耐溶損性が改善されると共に、著しく被削性が向上した熱間工具鋼を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係る熱間工具鋼は、C:0.10乃至0.70質量%、Si:0.10乃至0.80質量%、Mn:0.30乃至1.00質量%、P:0.007乃至0.020質量%、Cr:3.00乃至7.00質量%、W及びMoは単独又は複合で $(1/2W+Mo)$:0.20乃至12.00質量%、V:0.10乃至3.00質量%、Ni:0.05乃至0.80質量%、S:0.150質量%以下を含有し、残部が実質的にFe及び不可避的不純物からなり、非金属介在物の清浄度(JISG055)がdA60×400で0.020%以下、dB60×400で0.020%以下、dC60×400で0.020%以下であり、d(A+B+C)で0.045%以下であると共に、焼き鈍したときに、粒径が1.0μmを超える炭化物及び非金属介在物の面積率が0.004%以下であることを特徴とする。なお、Co:6.50質量%以下を更に含有しても良い。

【0007】この熱間工具鋼において、焼きなまししたときに、粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以下の炭化物及び非金属介在物の面積率が 10.5% 以上であることが好ましい。

【0008】また、この熱間工具鋼において、焼入れ焼戻したときに、粒径が $1.0\mu\text{m}$ を超える炭化物及び非金属介在物の面積率が 0.004% 以下であることが好ましい。

【0009】更に、この熱間工具鋼において、焼入れ焼戻したときに、粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以下の炭化物及び非金属介在物の面積率が 0.038% 以上であることが好ましい。

【0010】本発明に係る熱間工具鋼は、C： 0.35 乃至 0.40 質量%、Si： 0.55 乃至 0.65 質量%、Mn： 0.35 乃至 0.45 質量%、P： 0.007 至 0.010% 、Cr： 4.60 乃至 5.00 質量%、W及びMoは単独又は複合で $(1/2W+Mo)$ ： 1.60 乃至 1.80 質量%、V： 0.40 乃至 0.60 質量%、Ni： 0.08 乃至 0.15 質量%、S： 0.005 質量%以下を含有し、残部が実質的にFe及び不可避の不純物からなり、非金属介在物の清浄度(JIS G055)が $dA60\times400$ で 0.0% 以下、 $dB60\times400$ で 0.0% 、 $dC60\times400$ で 0.0% であり、 $d(A+B+C)$ で 0.0% であると共に、焼き鈍したときに、粒径が $1.0\mu\text{m}$ を超える炭化物及び非金属介在物の面積率が 0.004% 以下であるように構成することにより、更に一層本発明の効果を奏する。

【0011】本発明は、炭化物及び非金属介在物の大きさを適切に規定することにより、耐ヒートチェック性及び耐溶損性を改善し、被削性を向上させるものである。しかし、鋼材組成によって著しく被削性が悪化するため、ヒートチェック性及び耐溶損性と、被削性との双方の性質を改善するために、本発明は、介在物を軽減した鋼において、被削性及びヒートチェック性と、溶損性を同時に改善する炭化物及び介在物の大きさについて規定したものである。即ち、熱間工具鋼としての主要成分を変更することなく、不純物の清浄度を規定することにより介在物の形態を制御し、前熱処理によって炭化物形状と量の形態を制御することにより、被削性と、耐ヒートチェック性及び耐溶損性を同時に向上させる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明について更に詳細に説明する。介在物を少なくするとヒートチェック性が改善される。しかし、鋼材成分によって改善効果が違う上に、著しく被削性が悪化する。このため、耐ヒートチェック性と被削性とは両立させることが難しいとされていたが、本発明者等は、炭化物及び非金属介在物の粒径を制御すると、ヒートチェック性と被削性との両立が可能なることを見出した。

【0013】工具寿命を延長する方法として、従来、介

在物が多いほど被削性が良いということが周知である。しかし、本発明者等は、硬度が 45HRC を超える調質鋼では、介在物量によらず被削性が良い場合と悪い場合があることを見いだした。そして、本発明者等は、清浄度が良い状態では、炭化物及び非金属介在物の粒径と量を制御して適正化することにより、他の特性を損なわずに被削性を改善できることを知見した。

【0014】炭化物及び非金属介在物粒径が大きいものは、被削性を悪化させ、微細な $1.0\mu\text{m}$ 以下のものが多いほど改善効果がある。

【0015】また、これらは共晶炭化物より基地中に析出する炭化物の改善効果が大きい。非金属介在物としては、 Al_2O_3 より、B系窒化物及びB系酸化物、MnS、 AlN 等のように、微細でアスペクト比が 1.3 以下のものが、切削工具寿命の延長効果と、切削工具寿命のバラツキ改善効果と、耐溶損性及び耐ヒートチェック性の改善効果がある。そして、粗大な非金属介在物と炭化物は、耐溶損性と耐ヒートチェック性を著しく悪化させる。

【0016】被削性の改善及びバラツキの軽減、耐溶損性、耐ヒートチェック性、耐疲労特性をすべて満足した熱間工具鋼にするには、炭化物及び非金属介在物の大きさを微細にし、炭化物及び非金属介在物の分布が均一になるようにすることが重要であり、公知文献に記載されている介在物の量以外に、介在物の大きさを制御することにより、被削性のバラツキを軽減し、耐溶損性、耐ヒートチェック性を改善できる。

【0017】耐溶損性及び耐ヒートチェック性については、初期ヒートクラック発生に影響を与えない炭化物及び非金属介在物の粒径範囲があり、耐溶損性及び耐ヒートチェック性に影響を与えるのは、粒径が $1.0\mu\text{m}$ を超える炭化物及び非金属介在物である。そこで、本発明においては、粒径が $1.0\mu\text{m}$ を超える炭化物及び非金属介在物の量を少なくし、被削性の改善効果が大きい粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以下の炭化物及び非金属介在物を多くする。

【0018】炭化物及び非金属介在物の形態と量の制御は、焼きなまし処理を実施する前に、 $1050\sim1190^\circ\text{C}$ で 1 分～ 20 時間加熱して溶体化処理した後、炉冷、空冷、油冷等の冷却条件を制御することにより、可能である。

【0019】以下、本発明の熱間工具鋼の組成限定理由について説明する。

熱間工具鋼の組成

C： 0.10 乃至 0.70 質量%、好ましくは、 0.35 乃至 0.40 質量%

Cは焼入れ加熱時に基地に固溶して必要な焼入れ硬さを与え、また焼もどし時に特殊炭化物形成元素との間に特殊炭化物を形成し、この特殊炭化物が析出することにより、焼もどしにおける軟化抵抗と高温強度を与える。ま

た、Cは残留炭化物を形成して高温での耐摩耗性を付与し、焼入れ加熱時の結晶粒の粗大化を防止する作用を有する。Cが多すぎると炭化物量が過度に増加し、熱間工具としての必要な靱性を保持できず、また高温強度の低下も招くので0.70質量%以下とし、低すぎると上記添加効果が得られないので0.10質量%以上とする。好ましくは、Cは0.35乃至0.40質量%である。

【0020】Si: 0.10乃至0.80質量%、好ましくは0.55乃至0.65質量%

Siは0.10質量%未満となると、ミクロ偏析が発生せず、被削性が悪化する。また、Siが0.80質量%を超えると、織状偏析が激しく、切削工具の刃先がチップングし、靱性が低下するため、0.10乃至0.80質量%にする。好ましくは、Siは0.55乃至0.65質量%である。

【0021】Mn: 0.30乃至1.00質量%、好ましくは0.35乃至0.45質量%

Mnは基地に固溶して焼入れ性を高める効果が大い。この添加効果を得るためには、Mnは0.30質量%以上添加する必要がある。また、Mnの添加量が1.00質量%を超えて多すぎると、焼なまし硬さを過度に高くし、被切削性を低下させ、またA1変態点を過度に低くする。このため、Mnの添加量は、0.30乃至1.00質量%、好ましくは0.35乃至0.45質量とする。

【0022】P: 0.007乃至0.020質量%、好ましくは0.007乃至0.010質量%

Pは凝固時粒界に偏析し、熱間加工後の織状部の偏析度を高めるために必要不可欠である。本発明の特徴である被削性に優れた性能を維持するための基本元素として、Pは0.007質量%以上必要である。しかし、Pを過剰に添加すると、靱性が低下するため、この靱性の低下を抑制するため、Pの上限値を0.020質量%とする。好ましくは、Pは0.007乃至0.010質量%である。

【0023】Cr: 3.00乃至7.00質量%、好ましくは4.60乃至5.00質量%

Crは工具として必要とされる焼入れ性を与えるために最も重要な元素である。また、Crは耐酸化性及びA1変態点を上昇させ、また残留炭化物を形成して焼入れ加熱時の結晶粒の粗大化を抑制し、また耐摩耗性を高め、焼戻し時に特殊炭化物を析出して昇温時の軟化抵抗を改善し、高温強度を高める等の効果を有するために、3.00質量%以上添加される。Crが多すぎると、Cr炭化物を過度に形成し、かえって高温強度の低下をもたらすので、Cr量は7.00質量%以下とする。好ましくは、Crは4.60乃至5.00質量%である。

【0024】W及びMo: 0.20質量% ≤ (1/2 W + Mo) ≤ 12.00質量%、好ましくは、1.60質量% ≤ (1/2 W + Mo) ≤ 1.80質量%

W及びMoは特殊炭化物を形成するもので、残留炭化物形成により焼入れ加熱時の組織粗大化を防止し、また焼もどし時微細な特殊炭化物を析出し、焼もどし軟化抵抗と高温強度を高めるために、最も重要な添加元素である。また、W及びMoはA1変態点を高める効果を有する。Wはとくに高温強度及び耐摩耗性を高める効果が大きく、一方Moは靱性の点でWの場合より有利である。Mo及びWは、多すぎると粗大な炭化物を形成し、靱性の過度の低下をまねくので、W及びMoの単独又は複合添加で、(1/2 W + Mo)が0.20質量%以上、12.00質量%以下となるように添加する。

【0025】V: 0.10乃至3.00質量%、好ましくは0.40乃至0.60質量%

Vは強力な炭化物形成元素であり、残留炭化物を形成して結晶粒微細化の効果が大きく、また高温での耐摩耗性を向上させる。また、焼もどし時、微細な炭化物を基地中に析出し、W及びMoとの共同添加により、600乃至650℃以上の高温域での強度を高める効果が大きく、またA1変態点を高める効果を有する。Vは添加量が多すぎると、粗大な炭化物を形成し、靱性の低下をまねくので、上限値を3.00%以下とする。Vの添加効果を得るためには、Vを0.10質量%以上含有する必要がある。好ましくは、Vは0.40乃至0.60質量%である。

【0026】Ni: 0.05乃至0.80質量%、好ましくは0.08乃至0.15質量%

Niは基地に固溶して靱性を高め、また焼入れ性を高めるために、0.05質量%以上添加する。Niが多すぎると焼なまし硬さを過度に高くし、被切削性を低下させ、またA1変態点の過度の低下をまねき、偏析を著しく悪化させるので、Niの上限値は0.80質量%とする。好ましくは、Niは0.08乃至0.15質量%である。

【0027】Co: 6.50質量%以下

Coは基地に固溶して高温強度を高める作用を有するため、必要に応じて含有する。また、Coは焼入れ加熱時のオーステナイト中への炭化物の固溶限を高め、焼もどし時の特殊炭化物の析出量を増加させ、また昇温時の析出炭化物の凝集抵抗を高め、この面からも高温強度特性を改善する効果を与える。また、Coは工具の使用時の昇温により、表面に緻密な密着性の酸化被膜を形成し、高温での耐摩耗性及び耐焼付性を高める効果を有する。Coが多すぎると、靱性を低下させるので、Coを含有する場合は、6.50質量%以下とする。

【0028】S: 0.150質量%以下、好ましくは0.005質量%以下

SはMnS等の硫化物を形成し、熱間加工方向に伸びて分布し、T方向の靱性の低下をまねく。そこで、T方向の靱性を維持するために、Sの上限値は0.150質量%以下、好ましくは0.005質量%以下とする。

【0029】As、Sn、Sb、Cu、B、Biは、凝固時粒界部に濃縮し、熱間加工後の縞状の偏析度を高めてT方向の靱性の低下させ、また熱処理時オーステナイト粒界に偏析したり、基地に存在して靱性の水準を低下させる。また、Pbは熱間加工方向に伸びて分布し、T方向の靱性を低下させる。

【0030】上記理由により、As、Sn、Sb、Cu、B、Pb、Biは特に低く限定するものであるが、本発明者の研究によると、これらの合計が0.13%以下であれば、不純物としてこれらの元素が含有されていても、本発明の目的が達成されることを知見した。各成分について、望ましい限界量としては、As 0.005%以下、Sn 0.003%以下、Sb 0.0015%以下、Cu 0.08%以下、B 0.0005%以下、Pb 0.0002%以下、Bi 0.0001%以下である。

【0031】その他の不純物としては、Ti、Al、N等がある。この中で、Nb及びTiは強力な炭化物形成元素で、結晶粒の微細化により、また焼もどし時の凝集抵抗が大きい微細炭化物の析出により、65℃以上の高温域における軟化抵抗及び高温強度を高める効果がある。しかし、Nb及びTiが多すぎると、粗大な固溶しにくい炭化物を形成し、靱性の低下をまねくので、夫々0.5%以下とする必要がある。

【0032】また、Nは基地及び炭化物中に固溶して結晶粒を微細化し、靱性を高めるために添加する。また、Nはオーステナイトフォーマーとして低Cの場合にも焼入加熱時のフェライト残存を防ぎ、靱性に優れた合金組成の組合せを可能とするものである。しかし、Nは、Crなど熱間工具鋼の合金組成の範囲内で含有可能な限界量が存在するため、Nは0.20質量%以下とする必要がある。

【0033】介在物

JIS G 0555に定める清浄度で、A系介在物は粘性変形介在物であり、MnS及びケイ酸塩等である。これらのA系介在物は、耐ヒートチェック性及び耐溶損性を著しく悪化させるために、A系介在物は0.020%以下にする必要があり、望ましくは0%である。B系介在物は加工方向に集団をなして不連続的に粒状介在物として並んだものであり、アルミナ及び炭窒化物等である。また、C系介在物は、粘性変形をしないで不規則に分散するものであり、粒状酸化物及び炭窒化物が該当する。これらのB系介在物及びC系介在物は、被削性を悪化させるために、夫々0.020%以下にする必要があり、望ましくは0%である。また、これらの介在物の和d(A+B+C)も0.045%以下にする必要がある。

【0034】そこで、本発明においては、 $dA60 \times 400 = 0.020\%$ 以下、 $dB60 \times 400 = 0.020\%$ 以下、 $dB60 \times 400 = 0.020\%$ 以下、 $d(A+B+C) = 0.045\%$ 以下とする。

【0035】炭化物及び非金属介在物

非金属介在物が少ない状態で、粒径が $1.0 \mu m$ を超える炭化物及び非金属介在物の面積率が、焼なまし状態で0.004%以下であると、焼なまし状態での被削性が改善する。更に、粒径が $1.0 \mu m$ 以下の炭化物及び非金属介在物の面積率が焼なまし状態で10.5%以上であると、この被削性が更に一層向上する。

【0036】同様に、非金属介在物が少ない状態で、粒径が $1.0 \mu m$ を超える炭化物及び非金属介在物の面積率が焼入れ焼戻し状態で0.004%以下であると、耐溶損性、耐ヒートチェック性及び被削性を同時に向上させることができる。更に、粒径が $1.0 \mu m$ 以下の炭化物及び非金属介在物の面積率が焼入れ焼戻し状態で0.038%以上であると、この耐溶損性、耐ヒートチェック性及び被削性がより一層向上する。

【0037】このように、粒径が $1.0 \mu m$ を超える炭化物及び非金属介在物の面積率が0.004%以下であると、切削工具寿命のバラツキを軽減できる。このような大きなサイズの炭化物及び非金属介在物は、切削工具に衝突すると工具の刃先が欠けるため、寿命のバラツキが発生する。

【0038】このように、被削性には、非金属介在物の大きさが問題となるが、従来のJIS G 0555又はASTM E 45-76による介在物評価では、種類及び個数を評価するものであり、このような基準による評価が良好であっても、介在物が微細であることを示すものでない。

【0039】粒径が $1.0 \mu m$ 以下の炭化物及び非金属介在物が、偏析帯に多く存在するほど、工具寿命が延長する。炭化物及び非金属介在物の面積率が焼なまし状態で10.5%以上あり、焼入れ焼戻し状態で0.038%以上あるものは、被削性が良好である。

【0040】粒径が $1.0 \mu m$ 以下の微細な炭化物による効果は、炭化物でなく、非金属介在物でも同様である。粒径が $1.0 \mu m$ 以下の微細な介在物を生成させるためには、Ti、Zr、Ca、Al、Si、B、O及びNの1種以上を夫々0.0010乃至0.0001質量%添加し、 Al_2O_3 より、B系窒化物又はB系酸化物、MnS、及びAIN等の微細でアスペクト比が1.3以下の非金属介在物を生成させることが好ましい。

【0041】また、非金属介在物の清浄度を、JIS G 0555に定める清浄度で、 $dA60 \times 400 = 0\%$ 、 $dB60 \times 400 = 0\%$ 、 $dB60 \times 400 = 0\%$ とすることにより、ヒートチェック性を著しく改善することができる。

【0042】

【実施例】以下、本発明の実施例の効果について、本発明の範囲から外れる比較例と比較して具体的に説明する。

【0043】下記表1及び2に示す組成の熱間工具鋼を、10kg真空溶解炉(VIF)にて溶製し、得られ

10

20

30

40

50

た鋳塊を鍛造装置により40×80×250mmの大きさに鍛造し、その後、830℃で焼き鈍し焼鈍した。炭化物及び非金属介在物の形態と量の制御は、1015乃至1240℃に1分乃至20時間加熱し、その後炉冷、*

* 空冷、又は油冷等を行うことにより、実施した。

【0044】

【表1】

	SKD 61	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Co	Ni	Ti	Al	B	N	1/2 W+ Mo
従 来 例	①	0.38	0.95	0.38	0.0020	0.018	4.95	1.32	0.53	0.004	0.001	0.13	0.003	0.007	0.003	0.004	1.32
	②	0.38	0.95	0.40	0.0018	0.014	5.00	1.33	0.53	0.004	0.002	0.13	0.002	0.005	0.003	0.003	1.33
	③	0.39	0.98	0.40	0.0015	0.008	5.01	1.28	0.54	0.003	0.001	0.15	0.003	0.006	0.002	0.004	1.28
	④	0.40	0.98	0.39	0.0012	0.009	4.98	1.30	0.55	0.002	0.001	0.14	0.003	0.006	0.003	0.004	1.30
	⑤	0.39	0.97	0.38	0.0008	0.004	4.95	1.29	0.54	0.004	0.000	0.15	0.001	0.008	0.003	0.003	1.29
	⑥	0.40	1.00	0.40	0.0005	0.001	5.04	1.27	0.55	0.002	0.000	0.15	0.001	0.007	0.003	0.002	1.27
比 較 例	1	0.20	0.80	0.30	0.0060	0.023	6.50	1.00	0.20	1.000	0.000	0.08	0.003	0.006	0.003	0.004	1.50
	2	0.64	0.70	0.35	0.0073	0.033	5.80	1.60	2.30	4.000	0.002	0.09	0.002	0.008	0.001	0.003	3.60
	3	0.52	0.50	0.70	0.0070	0.066	4.50	1.00	0.10	1.000	0.000	0.05	0.003	0.007	0.003	0.004	1.50
	4	0.30	0.30	0.65	0.0100	0.001	4.80	2.00	2.30	2.000	0.500	0.10	0.003	0.005	0.001	0.004	3.00
	5	0.40	0.10	0.80	0.0110	0.150	3.40	4.00	3.00	4.000	6.500	0.80	0.003	0.006	0.001	0.003	6.00
	6	0.10	0.80	1.00	0.0110	0.150	7.00	1.00	3.00	1.200	6.500	0.30	0.001	0.006	0.003	0.004	1.60

【0045】

※ ※【表2】

		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Co	Ni	Ti	Al	B	N	1/2 W+ Mo
実 施 例	7	0.18	0.67	0.80	0.0070	0.001	6.50	1.20	0.10	2.700	2.300	0.50	0.001	0.008	0.003	0.003	2.55
	8	0.20	0.60	0.30	0.0100	0.007	3.50	4.00	2.50	3.100	0.000	0.10	0.003	0.007	0.003	0.004	5.55
	9	0.30	0.65	0.95	0.0200	0.008	6.60	0.50	2.50	2.800	1.300	0.05	0.001	0.007	0.001	0.004	1.90
	10	0.45	0.50	0.30	0.0200	0.009	4.50	3.00	0.50	1.700	2.300	0.06	0.001	0.005	0.002	0.003	3.85
	11	0.52	0.48	0.34	0.0080	0.006	3.20	1.50	0.10	0.900	4.000	0.08	0.003	0.006	0.003	0.004	1.95
	12	0.61	0.40	0.70	0.0087	0.010	6.80	2.30	2.70	0.600	1.200	0.10	0.003	0.006	0.003	0.004	2.60
	13	0.65	0.30	0.32	0.0100	0.014	5.40	4.00	1.80	2.400	0.300	0.40	0.002	0.008	0.003	0.003	5.20
	14	0.70	0.10	0.30	0.0007	0.012	3.00	6.00	0.10	1.800	0.000	0.05	0.003	0.007	0.003	0.004	6.90
	15	0.35	0.55	0.35	0.0011	0.001	4.60	1.60	0.40	0.000	0.000	0.08	0.003	0.008	0.003	0.003	1.60
	16	0.37	0.60	0.40	0.0080	0.003	4.80	1.70	0.50	0.000	0.000	0.13	0.001	0.010	0.001	0.004	1.70
	17	0.40	0.65	0.45	0.0070	0.005	5.00	1.80	0.60	0.000	0.000	0.15	0.002	0.015	0.001	0.004	1.80

【0046】また、全ての溶製材は、非金属介在物の清浄度がJIS dA0.005%以下で、d(B+C)0.020%以下であり、炭化物及び非金属介在物のアスペクト比が1.3~1.0である。

【0047】素材の評価は、980℃~1080℃に30分加熱して溶体化した後、焼き入れし、500~670℃に2時間加熱して焼戻しし、この焼戻し工程を2回繰り返した。これにより、硬さを43±1HRCに調整し、SKD61の素材の性能を50として指数化し、これにより、性能を比較した。

【0048】1.0μm以下の炭化物及び非金属介在物の測定は、焼なまし材は、研磨後の試料をピクテ酸+3%硝酸溶液に浸漬して、金属組織を現出し、焼入れ焼戻

し材は、研磨後の試料をシュウ酸で腐食して、金属組織を現出することにより、行った。この金属組織をSEM（走査型電子顕微鏡）により4000倍で写真撮影し、画像解析にて面積率及び平均粒径を測定した。また、分散度は、非偏析部の面積率より30%以上炭化物及び非金属介在物が密集した場所の距離にて評価した。

【0049】1.0μmを超える炭化物及び非金属介在物の測定は、シュウ酸で腐食をした後、1000倍の写真撮影で、1mm²の視野内の画像解析を実施して行った。この炭化物及び非金属介在物の測定結果を下記表3及び表4と、表4及び表5に示す。

【0050】

【表3】

	SKD 61	焼きなまし材			焼入れ焼戻し材		
		1. 0 μ mを超えるもの	1. 0 μ m以下	合計	1. 0 μ mを超えるもの	1. 0 μ m以下	合計
従 来 例	①	0. 037	10. 5	10. 537	0. 100	0. 018	0. 057
	②	0. 032	11. 0	11. 032	0. 037	0. 020	0. 047
	③	0. 028	11. 7	11. 728	0. 032	0. 015	0. 038
	④	0. 026	15. 0	15. 026	0. 028	0. 010	0. 040
	⑤	0. 003	32. 0	32. 003	0. 002	0. 038	0. 413
	⑥	0. 001	14. 0	14. 001	0. 003	0. 410	0. 118
比 較 例	1	0. 005	17. 0	17. 005	0. 006	0. 222	0. 057
	2	0. 012	21. 0	21. 012	0. 008	0. 800	0. 808
	3	0. 009	27. 4	27. 409	0. 004	1. 200	1. 204
	4	0. 006	23. 0	23. 006	0. 003	0. 400	0. 403
	5	0. 007	22. 0	22. 007	0. 001	0. 100	0. 101
	6	0. 003	10. 2	10. 203	0. 001	0. 035	0. 036

【0051】

* * 【表4】

		焼きなまし材			焼入れ焼戻し材		
		1. 0 μm を超えるもの	1. 0 μm 以下	合計	1. 0 μm を超えるもの	1. 0 μm 以下	合計
実 施 例	7	0. 004	9. 5	9. 504	0. 002	0. 032	0. 032
	8	0. 002	8. 4	8. 402	0. 002	0. 028	0. 030
	9	0. 002	10. 4	10. 402	0. 001	0. 012	0. 013
	10	0. 003	8. 7	8. 703	0. 001	0. 008	0. 009
	11	0. 001	12. 0	12. 001	0. 003	0. 007	0. 010
	12	0. 004	13. 2	13. 204	0. 004	0. 042	0. 046
	13	0. 001	15. 2	15. 201	0. 002	0. 046	0. 048
	14	0. 001	13. 5	13. 501	0. 003	0. 042	0. 045
	15	0. 000	10. 5	10. 500	0. 000	0. 042	0. 042
	16	0. 000	12. 3	12. 300	0. 000	0. 054	0. 054
17	0. 000	10. 5	10. 500	0. 000	0. 048	0. 048	

【0052】

【表5】

	SKD 61	非金属介在物			
		d A	d B	d C	合計
従 来 例	①	0.030	0.015	0.012	0.057
	②	0.028	0.012	0.007	0.047
	③	0.018	0.022	0.008	0.048
	④	0.022	0.027	0.021	0.070
	⑤	0.018	0.008	0.008	0.034
	⑥	0.015	0.004	0.003	0.022
比 較 例	1	0.043	0.023	0.310	0.376
	2	0.018	0.023	0.024	0.065
	3	0.018	0.016	0.007	0.041
	4	0.017	0.010	0.009	0.036
	5	0.012	0.012	0.010	0.034
	6	0.007	0.009	0.002	0.018

【0053】

* * 【表6】

		非金属介在物			
		d A	d B	d C	合計
実 施 例	7	0.005	0.012	0.004	0.021
	8	0.020	0.007	0.009	0.036
	9	0.012	0.007	0.012	0.031
	10	0.018	0.009	0.018	0.045
	11	0.007	0.002	0.007	0.016
	12	0.009	0.004	0.009	0.022
	13	0.002	0.020	0.012	0.034
	14	0.004	0.004	0.020	0.028
	15	0.000	0.000	0.000	0.000
	16	0.000	0.000	0.000	0.000
	17	0.000	0.000	0.000	0.000

【0054】焼きなまし材の被削性評価は、直径が10mmのハイス製のエンドミルにより、回転速度が520rpm、送り速度が74mm/分、切削加工時の切り込み量が10×1mmで切り込んで実施し、折損までの寿命を求め、これを従来例のSKD61の寿命を100として指数表示した。なお、10×1mmとは、試験材とエンドミルとが、エンドミルの長さ方向に10mm接触し、エンドミルの軸方向に1mm接触して、試験材の断面で10×1mmの領域を切り込み、切削加工したことを示しており、従って、試験材の側面に幅1mm、深さ10mmの凹部が形成されたものである。

【0055】また、焼入れ焼戻し材の被削性評価は、鋼材を48HRCに調質し、直径が10mmの粉末刃高速度鋼にTiAlNコーティングした2枚刃のエンドミル

(MMCコベルコ社製VA-2SS直径6mm)により、回転速度が1062rpm、送り速度が212mm/分、切削加工時の切り込み量が9×0.6mmの条件で前記鋼材を切り込んで、前記エンドミルが溶損するまでの寿命を求めた。そして、これを従来例のSKD61の寿命を100として指数化した。

【0056】ヒートチェック試験は、直径が30mm、長さが50mmの試験材を高周波誘導加熱にて加熱し、表面温度が650℃に達した時に水をかけ、50℃まで冷却することを、1000回繰り返し、クラック平均長さ(μm)を測定した。その後、従来例のSKD61の寿命を100として指数化した。

【0057】溶損性の評価は、ダイキャストで一般的に使用されるアルミニウム合金(JIS ADC12)を

使用した。このJIS ADC12は、自動車(トランスミッション類)及び家電部品のダイキャスト用製品として使用されているアルミニウム合金であり、組成は、Al-0.43%Zn-0.20%Mn-10.85%Si-2.00%Cu-1.01%Fe-0.24%Mgである。このアルミニウム合金を容器内で650℃に加熱して溶融させ、この溶湯内で、直径が5mm、長さが30mmの実施例及び比較例の試験片を500rpmで回転して、ADC12溶湯を攪拌し、この状態に20*

*分間保持し、その後に前記試験片を取出し、苛性ソーダにより試験片に付着したアルミニウム合金を除去し、その後、試験片の使用前と使用後の重量差から試験片の損耗量(g)を測定した。これを従来例のSKD61①の寿命を100として指数化した。

【0058】これらの被削性、耐溶損性及び耐ヒートチェック性の評価結果を下記表7及び表8に示す。

【0059】

【表7】

	SKD61	被削性		耐溶損性	耐ヒートチェック性
		焼きなまし材(10HRC)	焼入れ材(48HRC)		
従来例	①	100	100	100	100
	②	102	104	100	102
	③	105	103	102	104
	④	103	107	101	106
	⑤	123	102	98	98
	⑥	120	104	104	99
比較例	1	100	100	100	95
	2	97	98	102	101
	3	102	99	98	104
	4	103	102	99	99
	5	100	98	97	101
	6	180	186	217	180

【0060】

※ ※【表8】

		被削性		耐溶損性	耐ヒートチェック性
		焼きなまし材(10HRC)	焼入れ材(48HRC)		
実施例	7	180	190	210	184
	8	182	184	207	191
	9	180	180	214	197
	10	183	181	218	194
	11	218	180	213	184
	12	223	228	222	243
	13	220	232	223	254
	14	216	251	200	280
	15	304	332	220	333
	16	332	301	260	345
	17	340	351	320	380

【0061】従来例のSKD①～⑥は、溶製時の原料配合であるスクラップ配合率を改善して清浄度を向上させても耐ヒートチェック性、耐溶損性及び被削性の改善は得られない。また、比較例1乃至6のように、成分組成が本発明の特許請求の範囲に規定する範囲に入っていて

も、焼き鈍し材の粒径が1.0μmを超える炭化物と介在物を0.004%以下にしなければ、耐ヒートチェック性、耐溶損性及び被削性の改善が得られない。

【0062】これに対し、実施例7乃至17のように、本発明の請求項1を満足する場合は、焼き鈍し材と焼入

れ焼戻し材の被削性、耐溶損性及び耐ヒートチェック性が、介在物を保有するSKD61⑩に比して1.8倍以上に優れたものとなる。

【0063】また、実施例11乃至17に示すように、本発明の請求項2を満足すると、焼き鈍し材の被削性、耐溶損性及び耐ヒートチェック性が、介在物を保有するSKD61⑩に比して2.0倍以上に優れたものとなる。但し、焼入れ焼戻し材の被削性及び耐ヒートチェック性には改善効果が得られない。

【0064】更に、本発明の請求項3、4を満足する 10 と、実施例12乃至17に示すように、焼き鈍し材と焼

入れ焼戻し材の被削性、耐溶損性及び耐ヒートチェック性が、介在物を保有するSKD61⑩に比して2.0倍以上に優れたものとなる。更にまた、介在物を0%とすると、実施例15乃至17に示すように、焼き鈍し材及び焼入れ焼戻し材の被削性、耐溶損性及びヒートチェック性が、介在物を保有するSKD61⑩に比して3.2倍以上に優れたものとなる。

【0065】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、熱間工具鋼の被削性、耐溶損性及び耐ヒートチェック性を著しく向上させることができる。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.